

**ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС ДОСТИЖЕНИЙ ТАЛАНТЛИВОЙ
МОЛОДЁЖИ
«ПЕРВЫЕ ШАГИ В НАУКЕ»**

Направление: Физика

Тема: Определение прочности медных сплавов

Соискатель: Сухих София Александровна

Научный руководитель: Гусева Елена Владимировна

**Место выполнения работы: Школьный «Кванториум» при МАОУ "СОШ & 2"
г. Ревда Свердловской области**

2026

Оглавление

Введение

Глава 1 Теоретическая часть

1.1 История меди. От появления до индустриальной эпохи.

1.2 Химический состав меди и её свойства

1.3 Применение меди в различных отраслях

1.4 Методы испытаний на прочность

Глава 2. Практическая часть

2.1 Условия проведения испытаний

2.2 Метод испытаний

2.3 Средства измерений и вспомогательное оборудование

2.4 Форма и размеры образцов

2.5 Выполнение испытаний

2.6 Результаты испытаний

Заключение

Введение.

Такой металл как медь был актуален и востребован почти всегда. Как и в наше время так и до нашей эры использовали достаточно широко. В действительности медь использовалась людьми в 10 веке до нашей эры, до появления древнегреческой цивилизации. На протяжении 5000 лет медь была первым и единственным металлом, который использовал человек. Медь - один из семи металлов, известных с глубокой древности. Общее содержание меди в земной коре сравнительно невелико (0,01 вес %), однако она чаще, чем другие металлы, встречается в самородном состоянии, причём самородки меди достигают значительной величины. Этим, а также сравнительной лёгкостью обработки меди объясняется то, что она ранее других металлов была использована человеком. Переходный период от каменного к бронзовому веку (4 - 3-е тысячелетие до н.э.) назывался медным веком - халколитом (от греческого chalkos - медь и lithos - камень) или энеолитом (от латинского aeneus - медный и греческого lithos - камень). В этот период появились медные орудия. Известно, что при возведении пирамиды Хеопса использовались медные инструменты. Таким образом, медь является металлом, который изменил жизнь человека еще в далекой древности.

Медь в основном используется в электротехнической промышленности, связи, строительстве и транспорте. Мировое потребление меди возросло в 2003г. на 6,4%, до 14,9 млн. т против 14,1 млн. т в 1999 г. Максимальный прирост потребления металла в абсолютных показателях достигнут в Европе и азиатских странах. Наибольшими темпами потребление меди увеличилось в Европе - на 15,9%, далее следуют азиатские страны – 14,4%. Лидируют же в отрасли предприятия, подконтрольные чилийскому государственному концерну CODELCO. Ближайшим конкурентом CODELCO является американская компания Phelps Dodge. Последняя фирма после поглощения своего основного конкурента – компании Surgus Amax в 1998 г. – практически догнала чилийского производителя. Россия является одним из основных производителей меди, при этом более 70% рафинированной меди поставляется отечественными предприятиями на экспорт. По этой причине медь, наряду с основными энергоносителями (нефтью и газом), алюминием, никелем и черными металлами, является одним из основных экспортных товаров Российской Федерации, занимая около 4 – 7 % в объеме поступающей экспортной выручки. Основные месторождения медных руд в России расположены в Красноярском крае и на Урале. Кроме этого, значительные объемы руды российские предприятия получают из Казахстана и Монголии. Однако в отличие от северных месторождений залежи медных руд в этих регионах к настоящему времени существенно выработаны, что в совокупности с развитием этими государствами собственной производственной базы снижает привлекательность казахстанского и монгольского сырья для отечественных переработчиков. Основные производства меди Российской Федерации, так же как и месторождения, сконцентрированы на Урале и в Заполярье. Более 70% общего производства приходится на предприятия вертикальноинтегрированной ГМК «Норильский Никель». В состав этого предприятия входят «Норильская горнометаллургическая компания», «Североникель» и «Печенганикель». Кроме этого, в структуру компании входят ряд добывающих и перерабатывающих предприятий. Оставшуюся часть выпуска обеспечивают предприятия Уральского региона, такие, как АО «Уралэлектромедь» или АО «Кыштымский медеэлектролитный завод». Процессы консолидации не обошли и российские предприятия. За три прошедших года в России на рынке сформировалось три устойчивых вертикально-интегрированных группы. Крупнейшей из них является ГМК «Норильский Никель». В настоящее время компания активно ведет 5 экспансию на российском рынке переработки меди (уже приобретены Туимский завод ОЦМ, петербургский «Красный выборжец»), что позволяет назвать «Норильский Никель» диверсифицированным вертикально-интегрированным холдингом с

полным циклом переработки меди. Кроме этого, предприятие является крупнейшим в мире производителем никеля и металлов платиновой группы. Второй по величине медный холдинг России - ОАО “Уральская горно-металлургическая компания”. Она была образована в конце 1999 г. путем объединения в вертикально-интегрированную компанию следующих предприятий: комбината “Уралэлектромедь”, Гайского ГОК, Сафьяновской меди, томского завода “Сибкабель”, “Кировоградской металлургической компании”, Среднеуральского медеплавильного завода, АО “Святогор”, **Ревдинский завод ОЦМ**.

Получением деформированных полуфабрикатов из медных сплавов заняты заводы по обработке цветных металлов (ОЦМ). Они сконцентрированы, в основном, в Европейской части страны. Одним из основных предприятий по производству деформированных полуфабрикатов из медных сплавов является **Ревдинский завод ОЦМ, г.Ревда Свердловской обл.**

Актуальность работы

Медные сплавы широко используются в электротехнической промышленности в качестве электродов контактной сварки, теплообменников и контактных проводов для токосъемников из-за хорошей термической и электрической проводимости. Электроды точечной сварки выполняют следующие три основные функции: сжимают свариваемые элементы, подводят к ним электрический ток и отводят тепло, выделяющееся в процессе сварки. Таким образом, материал электрода должен обладать высокой электропроводностью, позволяющей пропускать электрический ток большой плотности без чрезмерного нагрева электрода, высокими механическими свойствами (особенно в условиях циклического нагружения), необходимыми для восприятия без деформации больших и неоднократно повторяющихся усилий сжатия, а также высокой сопротивляемостью износу при трении. В последние годы, в связи с быстрым развитием электротехнической промышленности, повысились требования к свойствам этих материалов, а именно к достижению более высоких значений прочности.

Объект исследования: способы определения прочности медных сплавов.

Предмет исследования: испытания медных сплавов на растяжение, проводимые на РЗ ОЦМ.

Цель данной работы: изучить способы определения прочности медных сплавов и рассмотреть испытания на растяжение, проводимые на Ревдинском заводе ОЦМ.

В работе решаются следующие задачи:

1. изучение литературы, посвященной меди и ее соединениям;
2. изучить способы определения прочности медных сплавов
3. рассмотреть, как проводятся испытания на растяжение, проводимые на РЗ ОЦМ.

Глава 1. Теоретическая часть

1.1 История меди. От появления до индустриальной эпохи.

Семь металлов принято считать доисторическими. Золото, серебро, медь, железо, олово, свинец и ртуть были известны людям с древнейших времен. Роль меди в становлении человеческой культуры особенна. Каменный век сменился медным, медный – бронзовым. Не везде этот процесс происходил одновременно. Коренное население Америки переходило от каменного века к медному в 16 веке, т.е. всего 400 лет назад. В Древнем Египте медный век наступил в 4 тысячелетии до нашей эры. Доказано, что знаменитая пирамида Хеопса выложена из камней, вытесанных инструментом из меди. Подобно золоту и серебру медь способна образовывать самородки. Видимо, из них около 10000 лет назад были изготовлены первые металлические орудия труда. Распространению меди способствовали такие ее свойства, как способность к свободной ковке и относительная простота

выплавки из богатых руд. Становление меди как инструментального материала в истории развития человечества описал древний поэт и философ Лукреций Кар: Прежде служили оружием руки могучие, когти, Зубы, камня, обломки ветвей от деревьев и пламя. После того была найдена медь... «Медный век» длился около тысячи лет – вдвое меньше, чем бронзовый. Характерно, что в Греции (рис.1.1) культура меди зародилась позже, чем в Египте, а бронзовый век наступил раньше. Руда, из которой выплавляли медь египтяне, не содержала олова.



Грекам повезло больше. Они добывали «оловянный камень» там же, где медную руду. Открытие оловянной бронзы произошло, видимо, случайно. Приятно удивили древних людей большие показатели твердости и прочности бронзы по отношению к меди. Достигается относительная легкоплавкость продукта (добавка 15% олова уменьшает температуру что снижает требования к футеровке печей и уменьшает расход топлива для выплавки и литья слитков. Искусство выплавки и обработки меди и бронзы от греков унаследовали римляне. Они получали медь из покоренных стран, в первую очередь из Галлии и Испании, продолжали начатую греками добычу медной руды на Крите и Кипре. Латинское название меди «сиргим» связывают с названием острова Кипр.

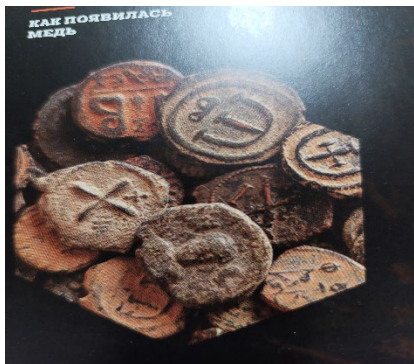


Существует мнение археологов, что в России медеплавильные производства созданы в 13 веке. Еще в 1213 г. недалеко от Архангельска найдено Цильменское месторождение медной руды. В 1479 г. в Москве уже существовала «пушечная изба» и делались бронзовые пушки разных калибров.



В 16-17 в.в. Россия испытывала острую нужду в металлах, особенно в меди. Для «сыску медных руды» русские умельцы отправлялись на север, за Волгу, на Урал. При Петре I роль российской металлургии резко возрастает. Ломоносов пишет: «...до трудов Петровых почти все получаемы были

от окрестных народов, так что и военное оружие иногда у самих неприятелей нужда заставляла перекупать через другие руки дорогою ценою». К концу царствования Петра I (1724г.) только на Урале действовало 11 плавильных и 4 «переплавных» печей, выпускавших медь(рис.1.2). Началась добыча металлов на Алтае. Петр I не раз высказывал мысль о замене серебряной разменной монеты медной. В 1700 г. в России появились медные деньги: «деньга» - ½ копейки, «полушка» - ¼ копейки, «полуполушка» -1/8 копейки. В 1704 г. взамен серебряных копеек введены медные копейки. Среди металлов по масштабам производства в наши дни медь уступает лишь железу и алюминию.



Ежедневно человечество использует медь и 400 видов медных сплавов. По частоте применения медь уступает только алюминию и железу. Такая популярность обусловлена сочетанием свойств, в числе которых электропроводность, пластичность и податливость обработке. Медь выдерживает экстремально высокие температуры, перепады давления, воздействие атмосферных осадков. Обрабатывающие производства выплавляют медь в полуфабрикаты: трубы, прутки, профили, листы, ленты и т. д., -- которые становятся связывающим звеном и частями систем и механизмов. Из отработавших деталей извлекают медь и отправляют на повторную переработку.

1.2 Химический состав меди и её свойства

Медь (лат. *Cuprum*, Cu) — это химический элемент с атомным номером 29 и атомной массой 63,546. Она относится к группе переходных металлов и имеет ряд уникальных физико-химических свойств, которые делают её идеальным материалом для множества промышленных применений.

Чистая медь — это мягкий и ковкий металл с характерным красноватым цветом. Она является отличным проводником электричества и тепла, уступая в этом только серебру. Плотность меди составляет 8,93 г/см³, что делает её достаточно тяжёлым материалом. Температура плавления меди — 1083°C, а температура кипения — 2600°C. Медь легко подвергается обработке, благодаря своей ковкости и пластичности: она легко вытягивается в проволоку, прокатывается в тонкие листы и может быть использована для создания сложных форм.

Основные химические характеристики меди:

- **Плотность:** 8,93 г/см³
- **Температура плавления:** 1083°C
- **Температура кипения:** 2600°C
- **Удельная теплоёмкость:** 0,094 кал/г·°C
- **Теплопроводность:** 335 ккал/м·ч·°C

Медь также активно вступает в реакции с различными химическими веществами, образуя соединения, такие как оксиды, сульфаты и карбонаты. Эти соединения могут использоваться для создания различных химических продуктов и материалов, а также для обработки и защиты других металлов.

Производство меди: от руды до готового продукта

Процесс получения меди начинается с добычи медных руд. Наиболее распространёнными являются сульфидные и оксидные руды, из которых медь извлекается путём обогащения и последующего выплавки. Большинство меди в промышленности добывается из сульфидных руд, таких как халькопирит (CuFeS_2) и борнит (Cu_5FeS_4).

Процесс получения меди состоит из нескольких ключевых этапов:

1. **Обогащение** — сульфидные руды очищаются от пустой породы.
2. **Обжиг** — руды обрабатываются при высоких температурах, что приводит к образованию оксидов и выделению диоксида серы.
3. **Плавка** — оксиды плавятся, образуя медный штейн, который затем подвергается дальнейшей переработке.
4. **Конвертирование** — медный штейн превращается в черновую медь, из которой удаляются лишние примеси.
5. **Рафинирование** — черновая медь очищается с помощью огневого и электролитического рафинирования, что позволяет получить чистую медь.

Сплавы меди: улучшение свойств

Для повышения прочностных характеристик меди и улучшения её других свойств, таких как антикоррозийная стойкость и теплоотвод, в медь вводят различные добавки. Это позволяет создавать сплавы меди с другими металлами, которые находят широкое применение в промышленности.

Основные виды медных сплавов:

- **Латуни** — сплав меди с цинком. Используется в производстве деталей, подвергающихся механическим нагрузкам, а также в химической промышленности.
- **Бронзы** — сплавы меди с другими металлами, например, с оловом или алюминием. Они обладают высокой стойкостью к коррозии и применяются для изготовления различных деталей машин и оборудования.
- **Бериллиевые бронзы** — содержат до 2% бериллия, характеризуются высокой твёрдостью и упругостью, применяются в производстве пружин и пружинящих элементов.

1.3 Применение меди в различных отраслях

Медь и её сплавы применяются в множестве отраслей, где требуются хорошие проводящие, термостойкие и антикоррозийные материалы.

1. **Электротехника и кабельная промышленность:** медь используется для производства проводников, кабелей, электрических шин и контактных проводов, благодаря своей высокой электропроводности. Она также является основным материалом для изготовления трансформаторов, электрогенераторов и телефонных проводов.
2. **Теплообменники и трубопроводы:** медь применяется для изготовления труб и теплообменных устройств в системах отопления, кондиционирования и водоснабжения благодаря её высокой теплопроводности.
3. **Машиностроение:** медь используется в производстве радиаторов, подшипников, различных деталей машин, а также в автомобилестроении и тракторной промышленности.
4. **Филигранные изделия:** благодаря своей пластичности и способности образовывать сложные формы, медь широко используется для производства украшений, художественных и декоративных изделий.

1.4 Методы испытаний на прочность

Для испытания металлов, оценки их способности и структуры, пластичности и разрушения в промышленности используют разные методы контроля и тестирования. Такие испытания имеют ряд целей: обнаружить дефекты детали, безопасность применения в строительстве и металлургической промышленности, оценка технических, физических и химических параметров.

Испытание на растяжение или сжатие металла помогает определить предел прочности и текучести при растяжении или сжатии. Помимо этого, исследование помогает узнать такие данные как относительное удлинение и сужение, предел тягучести и предел упругости. Проводят испытание по ГОСТ 1497-84.

Для проведения исследования используют образцы с круглым или прямоугольным сечением. Образцы закрепляют на лабораторной машине и растягивают с постоянной скоростью. Таким образом определяется деформация изделия.

Испытание на ударный изгиб, или ударные/динамические испытания позволяют определить ударную вязкость металла. Такое тестирование проводят по ГОСТ 9454-78. Один из самых важных видов динамических испытаний — испытания на ударную вязкость, которые проводятся на маятниковых копрах с образцами, имеющими надрез, или без надреза. По весу маятника, его начальной высоте и высоте подъема после разрушения образца вычисляют соответствующую работу удара (методы Шарпи и Изода).

Измерения твердости металлов и сплавов проводят на специальных образцах или на самом изделии. Этот тип испытания проводится чаще всего, так как в его процессе оцениваются сопротивление к проникновению в материал более твердого вещества. Существует три типа измерения: по Роквеллу (вдавливает алмазный конус), по Бринеллю (вдавливает в поверхность стального шарика) (для которых не требуется определенная подготовка поверхности) и по Виккерсу (вдавливает алмазную пирамиду из 4 граней) — для него необходимо подготовить специальный шлиф.

Данное испытание часто используют из-за простоты проведения, а также из-за такого преимущества как неразрушающий метод (изделие остается цельным и может пойти в работу после испытания).

Испытание на сжатие

При исследовании хрупких видов металлов более эффективным методом считается испытание на сжатие. В процессе испытания образец устанавливают между платформами пресса и прикладывают давление, начиная сжимать его, в результате чего образец деформируется и разрушается.

Испытания на глубокую вытяжку

Образец листового металла зажимается между двумя кольцами, и в него вдавливаются шаровой пуансон. Глубина вдавливания и время до разрушения являются показателями пластичности материала.

Испытания на усталость

Такие испытания имеют целью исследование поведения металла при циклическом приложении нагрузок и определение предела выносливости материала, т.е. напряжения, ниже которого материал не разрушается после заданного числа циклов нагружения. Чаще всего применяется машина для испытания на усталость при изгибе. При этом наружные волокна цилиндрического образца подвергаются действию циклически меняющихся напряжений — растягивающих и сжимающих.

Испытания на ползучесть

В таких тестированиях оценивается совместное влияние длительного приложения нагрузки и повышенной температуры на пластическое поведение материалов при напряжениях, не

превышающих предела текучести, определяемого в испытаниях малой длительности. Надежные результаты могут быть получены лишь на оборудовании, обеспечивающем точный контроль за температурой образца и точное измерение очень малых изменений размеров.

Испытания механических свойств металла

Механические испытания часто применяются в промышленной деятельности, целью таких испытаний ставят определение характеристик (качественных и эксплуатационных).

Виды испытаний механических свойств:

- статические
- динамические
- циклические
- технологические

При статическом испытании образцы подвергаются воздействию постоянно нарастающей нагрузки. При динамическом тестировании нагрузка на образец увеличивается с большой скоростью. В процессе циклического испытания и направление, и величина нагрузки многократно меняются. При технологическом испытании проверку свойств металлов проводят на специальной установке, которая имитирует специфические условия эксплуатации. В процессе технологического испытания оценивают поведение материалов.

Глава 2. Практическая часть

Ревдинский завод по обработке цветных металлов — предприятие цветной металлургии в городе Ревда Свердловской области. Основано в 1941 году. Предприятие было образовано в результате эвакуации Кольчугинского завода имени Орджоникидзе из города Кольчугино Владимирской области в годы Великой Отечественной войны. Выпуск первой продукции состоялся 6 декабря 1941 года. В 2000-е годы на заводе прошла масштабная реконструкция производства. В 2016 году на заводе началась модернизация производства медных, медно-никелевых труб и бронзового проката. Качество выпускаемой продукции контролируется заводской лабораторией, оснащенной современными приборами и испытательными машинами.

Более подробно остановлюсь на испытании на растяжение медных сплавов.

Испытание на одноосное статическое растяжение является наиболее распространённым способом механических испытаний материала.

Преимущества: – при одноосном растяжении в образце возникает однородное напряжённое состояние. (Это значит, что во всех точках поперечного сечения рабочей части образца напряжения получаются одинаковыми и, независимо оттого, деформируется образец упруго или пластически, они вычисляются по одной и той же формуле:

$$\sigma = F/S$$

где F – растягивающая нагрузка, S – начальная площадь поперечного сечения образца);

– методика проведения испытаний на растяжение не сложна и хорошо отработана;

– конструкции образцов и захватов испытательных машин просты и технологичны.

Механические характеристики материалов, определяемые при испытании на растяжение, считают основными. Однако в ряде случаев необходимо проводить испытания и при других видах нагружения: сжатии, кручении, изгибе, сдвиге. Для обеспечения сравнимости результатов

механических испытаний методика их проведения и приемы обработки получаемых данных регламентируются соответствующими стандартами (ГОСТ, ИСО).

В процессе растяжения, реализуемого на специальных испытательных машинах, автоматически записывается диаграмма испытания в координатах сила – удлинение (рабочая, или индикаторная диаграмма).

2.1 Условия проведения испытаний

При выполнении испытаний должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$;
- относительная влажность от 40 % до 80 %.

2.2 Метод испытаний

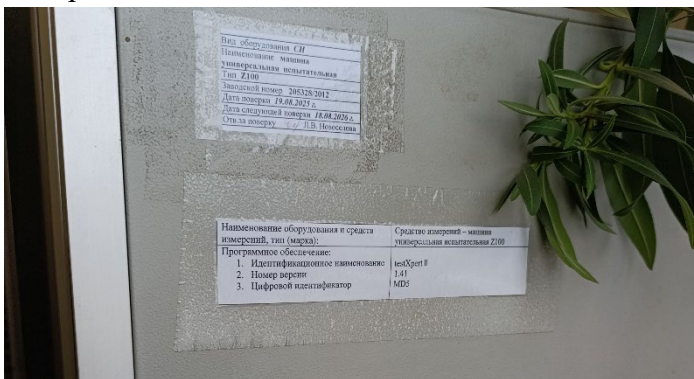
Статическое испытание на одноосное растяжение – это вид испытания для оценки механических свойств металлов и сплавов, позволяющий по результатам одного опыта определить сразу несколько важных механических характеристик материала.

Предусматривается определение временного сопротивления разрыву (или предела прочности) σ_b , и относительного удлинения δ после разрыва на образцах прутков, проволоки, толстостенных труб и шин в соответствии с ГОСТ 1497, ГОСТ 10006, ГОСТ 10446, ГОСТ 11701, EN 12451, ASTM B 111.

2.3 Средства измерений и вспомогательное оборудование

Средства измерений:

- испытательные машины типа Р-35, Р-20, Р-10 по ГОСТ 28840;
- машина для испытаний металлов типа Z100, погрешность измерений 0,5 %, зарегистрирована в Государственном реестре средств измерений под № 20385-05;
- линейка металлическая 500 мм по ГОСТ 427, с ценой деления 1 мм, с погрешностью измерения 0,5 мм;
- микрометр гладкий МК 25-22 класса точности по ГОСТ 6507, с ценой деления 0,01 мм, с погрешностью измерения ± 3 мкм;
- штангенциркули ШЦ-120 или ШЦ-160 по ГОСТ 166, с нониусом 0,1 мм, с погрешностью измерения 0,1 мм.



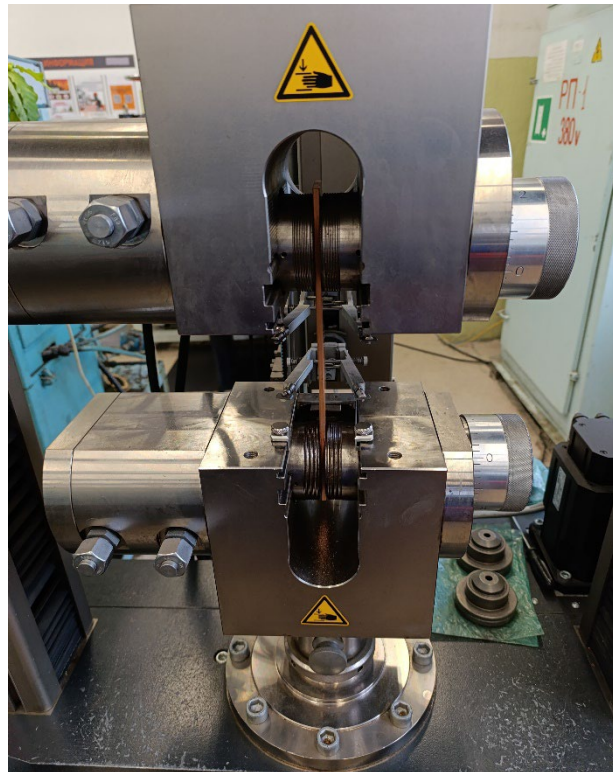
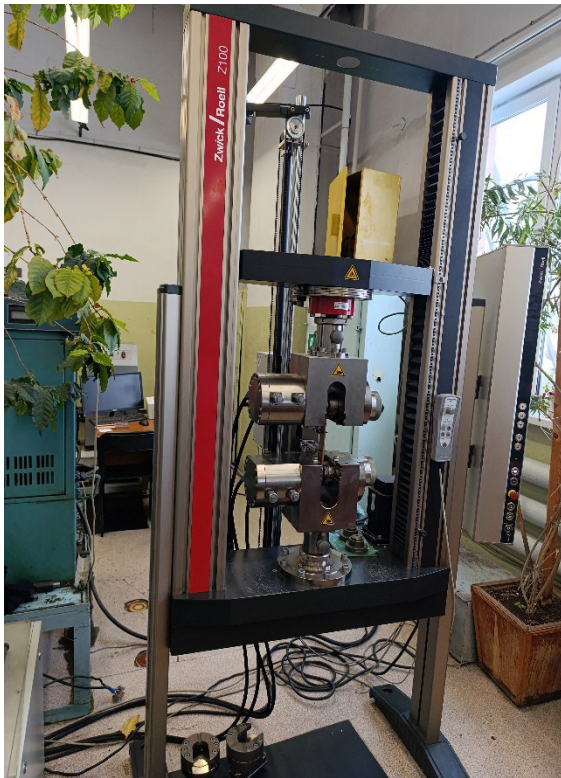


Рис. 6. Общий вид установки.

2.4 Форма и размеры образцов

Размер, количество и маркировка образцов для испытания на растяжение выбрала в соответствии с требованиями нормативных документов (НД) на готовую продукцию.

Образцы для испытания подготовила в соответствии с ГОСТ 24047 и ГОСТ 10006.

Для испытания на растяжение шин применила продольные образцы длиной в соответствии с СТП 08-14-41.013. Из толстостенных труб изготовила продольные образцы в виде полос сегментного сечения. Перед испытанием подготовила внешний вид образцов: очистила быть чистыми, сухими, без заусенцев, плен, поперечных рисок, механических повреждений и других дефектов.

Подготовку образцов к испытанию произвела с помощью разметочной линейки. По поверхности образца нанесла деления через каждые 10 или 100 мм при определении относительного удлинения δ_{10} , δ_{100} и через 5 мм при определении относительного удлинения δ_5 .

Измерила длину образцов до испытания, для этого использовала металлическую линейку с точностью до 1 деления линейки. Ширину и толщину полос измерила микрометром в середине и по краям рабочей части образца. (Приложение 2)

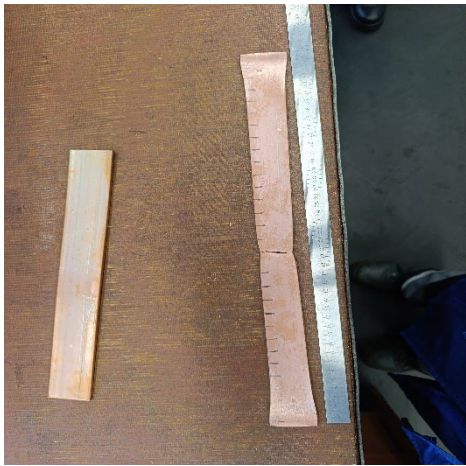
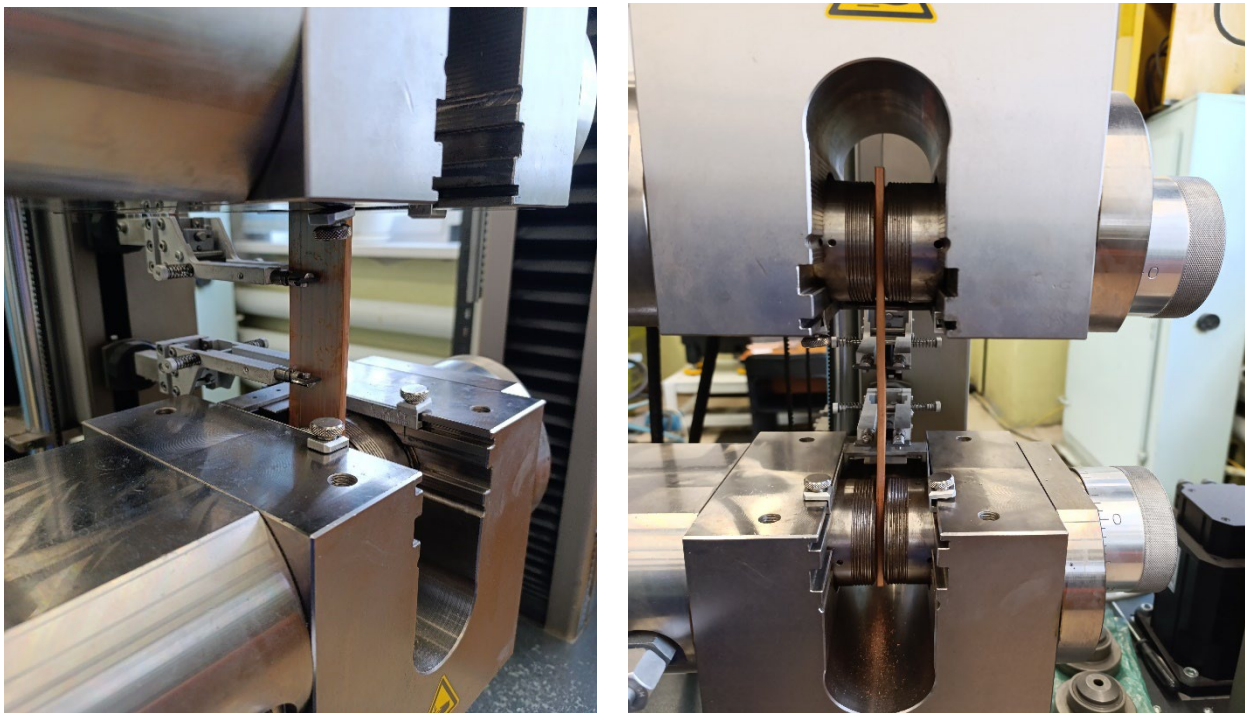


Рис. 9. Фотографии образцов до и после испытаний.

Исходные параметры образцов приведены в приложении 1(таблица №1).

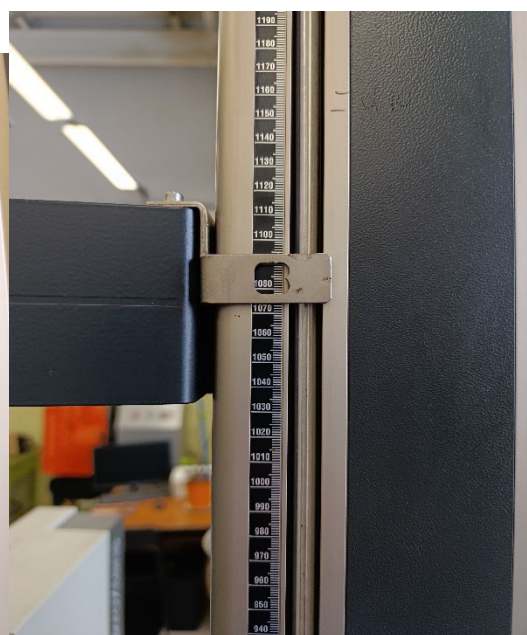
2.5 Выполнение испытаний

1. Подготовленные образцы закрепила без перекоса в плашках испытательной машины.



2. Включила машину. Для определения временного сопротивления разрыву образец подвергают растяжению под действием плавно возрастающей нагрузки до разрушения на испытательной машине.

3. При определении временного сопротивления σ_b скорость растяжения за пределом текучести должна быть не более 0,4 от длины расчетной части образца, выраженной в мм/мин.



4. После разрыва образца контрольная стрелка отметила наибольшую нагрузку, предшествующую моменту разрыва образца, т.е. разрывное усилие. Значение разрывного усилия считала со шкалы с точностью до половины цены деления.



2.1 Результаты испытаний

Построение графика — на основе полученных данных строится диаграмма, где по горизонтальной оси X откладывается деформация, а по вертикальной Y — приложенная сила.

Диаграмма растяжения (Приложение 4) — график, который иллюстрирует зависимость между приложенной к образцу силой и возникающей в нём деформацией. Он помогает оценить поведение материала под нагрузкой и определить его механические свойства.

По диаграмме растяжения оценивают:

- **Предел пропорциональности** — максимально допустимое напряжение, при котором, в соответствии с законом Гука, сохраняется линейная зависимость между приложенной силой и деформацией образца.
- **Предел упругости** — величина напряжения, при котором происходит пластическая деформация, то есть материал после снятия нагрузки не восстанавливает свою форму.
- **Предел текучести** — значение напряжения, при котором деформация продолжает существенно увеличиваться без повышения нагрузки.
- **Предел прочности** — максимальное напряжение, которое можно приложить к образцу до начала его разрушения.
- **Относительное удлинение** — отношение изменения длины образца к его исходным геометрическим размерам, характеризует пластичность материала.

Также по форме диаграммы можно определить, является ли исследуемый образец пластичным или хрупким

Формулы для расчета напряжения и удлинения

Условное напряжение σ определяется, используя соотношение:

$$\sigma = F / S_0 ,$$

где F – нагрузка, приложенная к образцу, S0 – поперечное сечение рабочей части образца,

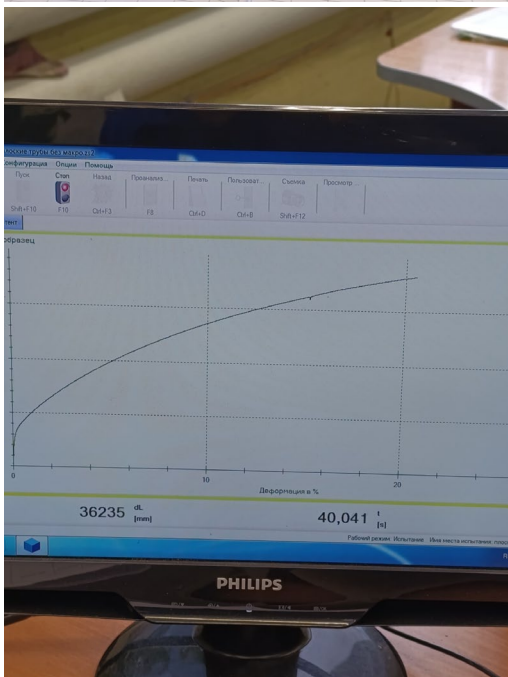
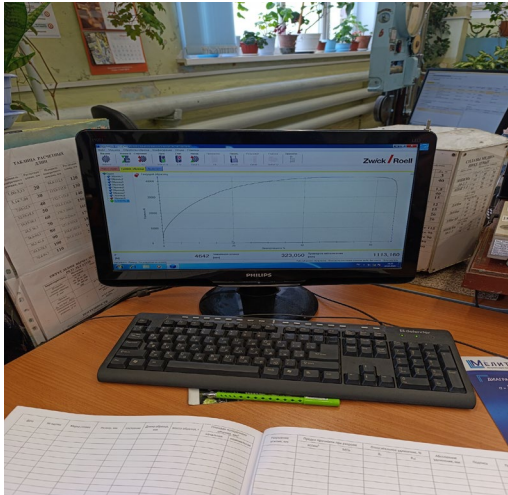
$$S_0 = a_0 \times b_0,$$

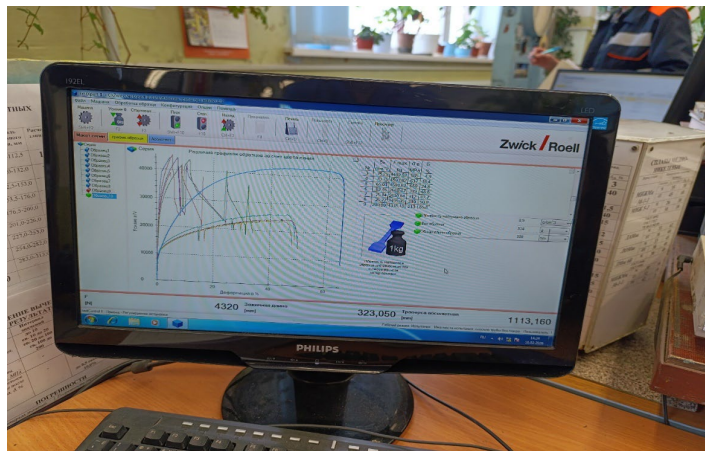
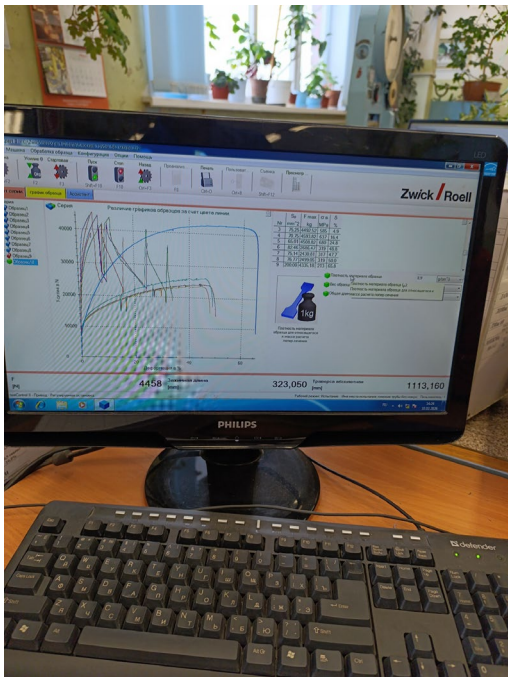
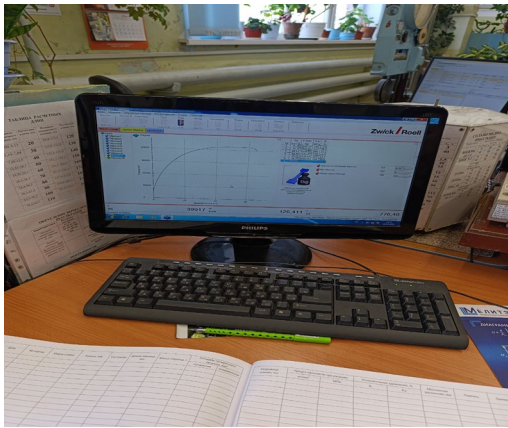
a_0 – ширина образца, b_0 – толщина образца.

Условная деформация определяется по формуле:

$$\varepsilon = \Delta l / l_0 \cdot 100\%,$$

где $\Delta l = l - l_0$ – удлинение рабочей части образца, l_0 – начальная длина рабочей части образца, l – длина рабочей части образца в момент испытания.



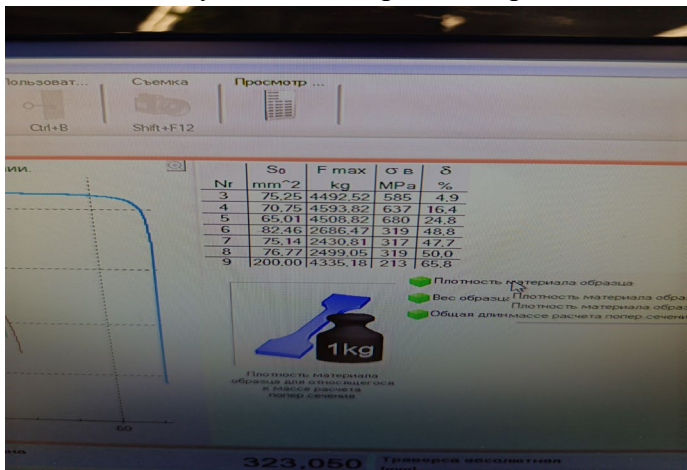


Анализируя диаграммы, полученные на компьютере, мы видим, что длина образца постепенно увеличивается, а толщина уменьшается при увеличении нагрузки до примерно в 20000 Н. Деформация

линейно зависит от нагрузки, на нём сохраняется закон Гука. Затем наступает область пластической деформации, то есть материал после снятия нагрузки не восстанавливает свою форму. При этом мы не видим ярко выраженного зуба текучести. При дальнейшем нагружении криволинейная часть переходит в горизонтальный участок, на котором нагрузка не меняется, а относительная деформация продолжает увеличиваться. А значит наступает предел текучести. Далее в наиболее слабом месте возникает и развивается локальное уменьшение поперечного сечения. В конечном итоге образец внезапно разрушается с резким ударным звуком.



На основе полученной диаграммы строится таблица.



Вывод. Данные полученных механических характеристик по своей величине должны отвечает требованиям документации на продукцию. Диапазон измерений, значения показателей точности результатов измерений представлен в приложении 3 (Таблица 2).

Если же при этом хотя бы одна из механических характеристик по своей величине не отвечает требованиям документации на продукцию, то испытания приходится проводить повторно. В наших испытаниях образцы соответствовали требованиям.

Заключение.

В ходе исследования последовательно мною решались следующие поставленные задачи:

- изучить литературу, посвященной меди и ее соединениям;
- изучить способы определения прочности медных сплавов
- рассмотреть, как проводятся испытания на растяжение, проводимые на РЗ ОЦМ.

Я изучила историю обнаружения и применения меди. Рассмотрела различные способы определения прочности медных сплавов. Познакомилась с процессом определения прочности медных сплавов на РЗ ОЦМ, заводе, который находится в моем родном городе. И по результатам своей работы

могу сделать вывод, что своей цели я добилась. Теперь я понимаю, что правильный выбор материала для конкретного изделия является исключительно важной задачей. При этом технические критерии выбора материала определяются условиями эксплуатации изделия. Они определяют комплекс механических свойств (прочность, упругость, твердость, пластичность, вязкость), а в ряде случаев и требования к специальным свойствам (коррозионная стойкость, жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, радиационная стойкость и др.). Способ изготовления изделий определяет требования к технологическим свойствам материала (ковкость, литейные свойства, обрабатываемость резанием, свариваемость). Если изделие должно подвергаться термической обработке, следует также учитывать прокаливаемость и закаливаемость. Приведенные требования накладывают определенные ограничения на выбор материала. Если они оказываются достаточно жесткими, то возможный выбор ограничивается весьма узкой группой материалов. При меньшей жесткости требований выбор становится более широким. В любом случае, когда возможны различные варианты решения задачи выбора материала, окончательный ответ должен дать экономический анализ вопроса. Исходными данными для этого служат цены материалов. Однако выбор наиболее дешевого материала далеко не всегда будет оптимальным.

Таблица 1 – Данные образцов и их предварительной обработки.

Номер образца	Ширина, a_0 , мм	Толщина, b_0 , мм	Длина рабочей части, l_0 , мм
1	8,05	0,89	30
2	8,04	0,76	30
3	8,02	0,82	30
4	7,97	0,87	30
5	7,87	0,9	30
6	7,96	0,71	30
7	8,06	0,73	30
8	7,94	0,84	30
9	7,97	0,81	30
10	7,99	0,84	30
11	8,07	0,87	30
12	8,02	0,83	30
13	7,85	0,92	30
14	7,86	0,96	30
15	7,96	0,85	30
16	7,98	0,68	30
17	8,02	0,87	30
18	8,02	0,92	30
19	8,08	0,9	30
20	8,09	0,91	30
21	7,95	0,81	30
22	8,0	0,82	30
23	8,02	0,83	30
24	8,0	0,82	30
25	7,93	0,81	30
26	8,01	0,82	30
27	8,04	0,83	30
28	8,06	0,83	30

Испытание на растяжение. Образцы

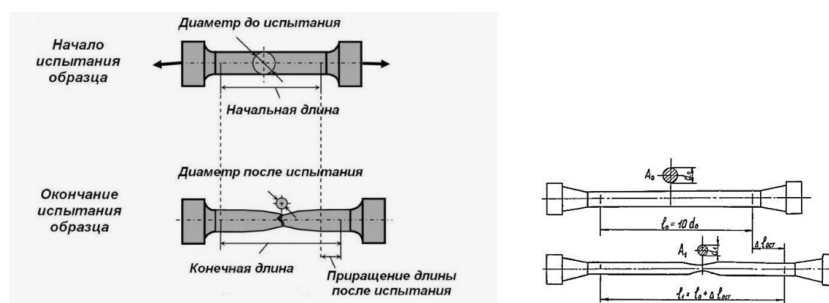


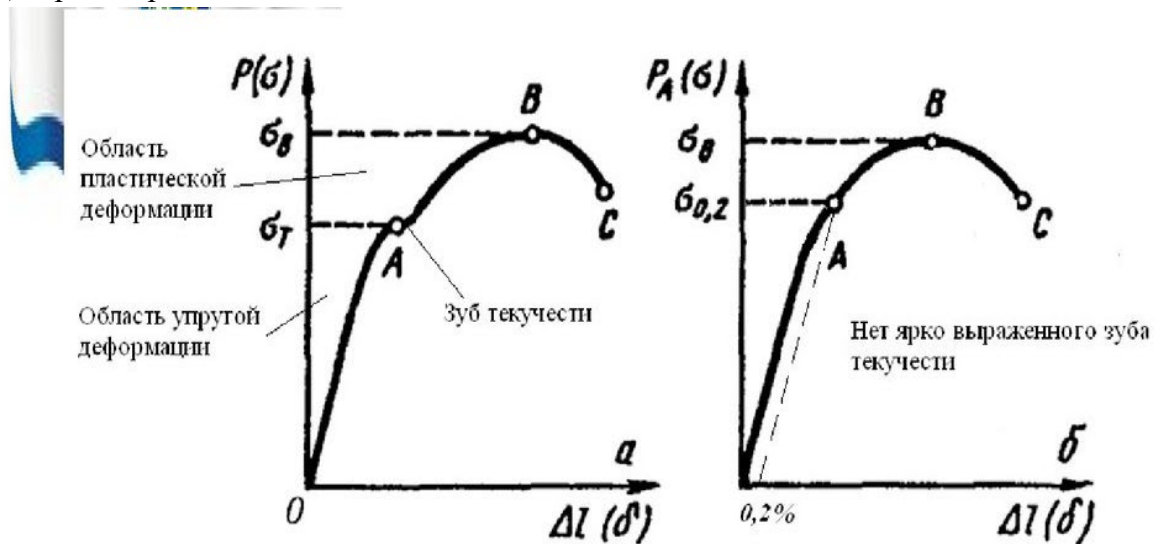
Таблица 2- Диапазон измерений, значения показателей точности результатов измерений

Измеряемая величина,	Диапазон измерений	Границы абсолютной погрешности результатов
----------------------	--------------------	--

единица измерения		измерений при доверительной вероятности $P=0,95$
Временное сопротивление (предел прочности), кгс/мм ² (10 Н/мм ²)	От 10,0 до 15,0 включ.	2,7
	Св. 15,0 до 25,0 ««	2,0
	«« 25,0 до 75,0 ««	1,5
Относительное удлинение после разрыва, %	От 1,0 до 10,0 включ.	0,15
	Св. 10,0 до 15,0 ««	0,4
	«« 15,0 до 25,0 ««	0,6
	«« 25,0 до 75,0 ««	1,5

Приложение 4

Диаграмма растяжения



Список литературы:

1. Полухин П.И., Гун Г.Я., Галкин А.М. Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов: Справочник. М.: Metallurgia, 1976. 487 с.
2. Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: МИСИС, 2001. 416 с.
3. <https://www.metaltorg.ru/analytics/publication/?id=2997>
4. <https://udokancopper.ru/smi/5135/>
5. https://ru.wikipedia.org/wiki/Ревдинский_завод_по_обработке_цветных_металлов
6. https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/instit_fakul_kaf_shkoly/ips/novye_vozmozhnosti_dlya_kazhdogo/materialoved_term_obr_i_met_issl_met_i_spl/tema10/metodika_mehanich_i_spytaniy.pdf
7. https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/68501/1/978-5-7996-2541-2_2019.pdf
8. <https://library.voenmeh.ru/cnau/sleQdJDnzwMMei2.pdf>
9. https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/29745/1/ushmmu_2014_78.pdf
10. <https://bim.vc/upload/iblock/876/g927wk7gy84jrr7cj7qsf4klgmm1qer6.pdf>